

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10023064 A**

(43) Date of publication of application: **23.01.1998**

(51) Int. Cl **H04L 12/56**

(21) Application number: **08170818**

(22) Date of filing: **01.07.1996**

(71) Applicant: **NIPPON TELEGR & TELEPH
CORP <NTT>**

(72) Inventor: **MASUGI MASAO
SASAKI ATSUSHI**

(54) AUTOMATIC DISTRIBUTION-TYPE TRAFFIC FLOW CONTROL METHOD

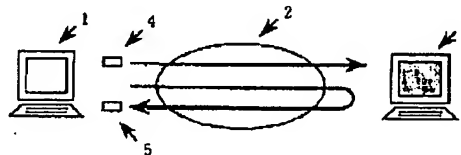
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently transmit data with high reliability by controlling at least one or more of the window size of a transfer control protocol and the transmission rate of data to be a transmission object, based on a delay fluctuation.

SOLUTION: When a user terminal 1 transmits data with a communication network 2, a packet which is different from the data is transmitted at a fixed interval. The delay fluctuation of a transmission time path is estimated, based on time sequential information of a response time in the packet to be measured in the processing. Then, one or more of the window size of the transfer control protocol and the transmission rate of

data to be the transmission object is controlled, based on the delay fluctuation value. That is, the round-trip time of the packet is measured and the estimated value of a transfer rate R is calculated, so that the transfer rate of a data packet 4 is increased/decreased to/from the estimated value. The measurement of the packet round-trip time, the calculation of the estimated of the transfer rate R and the calculation of a fluctuation rate, etc., are executed so that the transfer rate of the data packet 4 is increased/decreased to/from the trend in the fluctuation rate.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



特開平10-23064

(43)公開日 平成10年(1998) 1月23日

(51)Int.Cl.⁹
H 0 4 L 12/56識別記号 庁内整理番号
9744-5KF I
H 0 4 L 11/20

技術表示箇所

1 0 2 C

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平8-170818

(22)出願日 平成8年(1996) 7月1日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 馬杉 正男

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 佐々木 淳

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

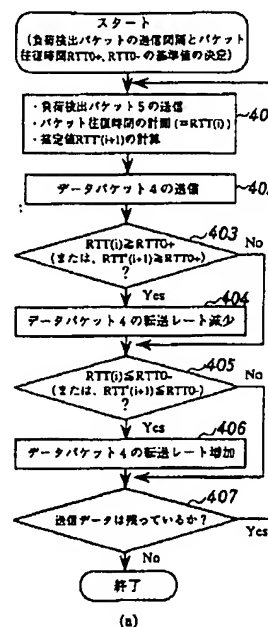
(74)代理人 弁理士 磯村 雅俊 (外1名)

(54)【発明の名称】 自律分散型トラヒックフロー制御法

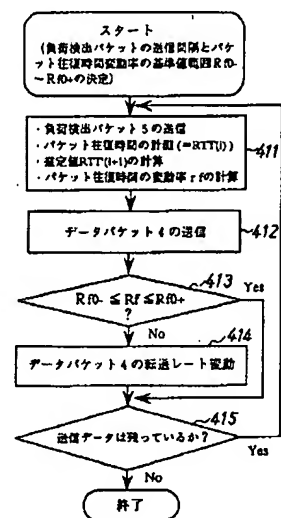
(57)【要約】

【課題】 ユーザ端末自身が、負荷の変動状況が推定して自律分散的に制御プロトコルのウィンドウサイズや送信レートを決定することにより、効率的で信頼性の高いデータ送信を可能とする。

【解決手段】 データ送信時に送信先へデータとは異なるパケットを一定間隔で送信する第1段階、及びその第1段階の処理で測定される前記パケットの応答時間の時系列情報に基づいて、送受信間経路の遅延変動を推定する第2段階(ステップ401、あるいはステップ411)と、その第2段階における遅延変動値に基づいて、転送制御プロトコルのウィンドウサイズと送信対象とするデータの送信レートのうち一つ以上を制御する第3段階(ステップ403~406、あるいはステップ413, 414)と、からなる、自律分散型トラヒックフロー制御法を実現する。



(a)



(b)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ユーザ端末が通信ネットワークを介してデータを送信する際のトラヒックフロー制御法であって、
データ送信時に送信先へ該データとは異なるパケットを一定間隔で送信する第1段階と、
該第1段階の処理で測定される前記パケットの応答時間の時系列情報に基づいて、送受信間経路の遅延変動を推定する第2段階と、
該第2段階における遅延変動値に基づいて、転送制御プロトコルのウィンドウサイズと送信対象とするデータの送信レートのうち一つ以上を制御する第3段階と、からなることを特徴とする自律分散型トラヒックフロー制御法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、高速広域通信を実現するトラヒックフロー制御法に関するものであり、ユーザ端末自身が網の遅延変動を推定するとともに、推定した遅延変動に基づいて転送制御プロトコルのウィンドウサイズや送信データの送信レートを決定し、効率的かつ信頼性の高い自律分散型データ送信が実現可能な、自律分散型トラヒックフロー制御法に関する。

【0002】

【従来の技術】 ATM (Asynchronous Transfer Mode) 網を初めとした各種の通信網においては、ピーク変動等のトラヒック特性が異なる複数種の通信サービスが混在し、効率的で信頼性の高い網運用を実現することが必要である。すなわち、複数種のトラヒックが共有される網環境においては、網内の帯域変動に伴って新たな網管理問題が発生することが予想され、データ損失や遅延などの品質を一定レベル以上に維持しながら、網の使用状態に応じたトラヒック制御の実現手段を確立することが課題である。図1は、あるユーザ端末から約100km離れた地点の別端末に対して、unix管理コマンド"ping"を用いる方法により実測したICMPパケットの応答遅延時間の分布例である。本例では、64バイト長のパケットを1秒間隔で送信した際の往復時間に相当しており、区間a～bのあたりで大きく遅延が発生していることがわかる。すなわち、このa～bという時間区間における遅延時間の増加は、パケットの通過経路に輻輳が発生し、送信データの効率的なやりとりが妨げられていることを示すものであり、データ損失や網の効率的な運用の観点からすれば、このa～b区間においてデータ送信レートを抑えることが望ましいと考えられる。ATM網に関しては、網を効率的に利用していくための方法として、レート変動型のABR (Available Bit Rate) トラヒックが提案されている。ABRを制御する際には、交換機内において輻輳状態を判定し、負荷の変動状況に応じて送信端末へ適切な送信レートを決定するた

めの網運用情報を転送する手段がとられる (例えば「ATM Forum: Traffic Management Specification (Ver. 4.0)」、1995) に記載)。しかしながら、提案されている送信データの制御手法については、交換機内における輻輳判定後に送信端末へレート制御情報を転送するため、処理遅延が生じるという課題がある。一方、この手法では、ATM網やATM網端末でしか使用できないという問題点もある。従って、ATM網端末以外でも適用可能な負荷予測型の可変レート型送信方法の実現が望まれていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来技術では、ATM網でしか網内の輻輳を検出する手段がなく、ATM網についても、交換機内からトラヒック監視情報に基づいて送信端末へ輻輳判定通知を送るため処理遅延が発生するという課題がある。本発明の目的は、これら課題を解決し、ユーザ端末自身が、負荷の変動状況が推定して自律分散的に制御プロトコルのウィンドウサイズや送信レートを決定することにより、効率的で信頼性の高いデータ送信を可能とすることにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するため、本発明の自律分散型トラヒックフロー制御法は、ユーザ端末が通信ネットワークを介してデータを送信する際、そのデータ (図2の4) とは異なるパケット (図2の5) を一定間隔で送信する第1段階、及びその第1段階の処理で測定される前記パケットの応答時間の時系列情報に基づいて、送受信間経路の遅延変動を推定する第2段階 (例えば図4のステップ401、あるいはステップ411) と、その第2段階における遅延変動値に基づいて、転送制御プロトコルのウィンドウサイズと送信対象とするデータの送信レートのうち一つ以上を制御する第3段階 (例えば図4のステップ403～406、あるいはステップ413、414) と、からなる。

【0005】

【発明の実施の形態】 本発明においては、ユーザ端末自身が、送受信間の遅延変動時間から負荷の発生状況を推定して、制御プロトコルのウィンドウサイズや送信レートを決定するため、効率的で信頼性の高いデータ送信が可能となる。その結果、効率的で信頼性の高いデータ送信が、ATM網上、あるいはATM網以外においても実現できる。

【0006】 以下、本発明の一実施例を図面により説明する。図2は、本発明の自律分散型トラヒックフロー制御法の一実施例を示す概念図である。図2において、1はユーザ端末、2は通信ネットワーク、3は受信端末、4はユーザ端末1と受信端末3との通信時に転送されるデータパケット、5はユーザ端末1から受信端末3を折り返して戻ってくる負荷検出パケット、である。まず、ユーザ端末1から受信端末3へは、通信ネットワーク2

を経由して通信を行うことを前提としている。ここで、ユーザ端末1は、受信端末3に対して、データパケット4を送ると同時に、一定間隔で負荷検出パケット5を送信する。負荷検出パケット5は、受信端末3から折り返しユーザ端末1へ転送されると同時に、ユーザ端末1では負荷検出パケット5の往復時間を時系列情報として記録する。ユーザ端末1は、負荷検出パケット5の往復時間に関する時系列情報をもとに、通信ネットワーク2内における輻輳状態を判定し、輻輳が発生していると判定した場合には、転送制御プロトコルのウィンドウサイズとデータパケット4の転送レートのうち一つ以上を減少させる。また、通信ネットワーク2内における使用帯域が十分あるとユーザ端末1が判定した場合には、転送制御プロトコルのウィンドウサイズとデータパケット4の転送レートのうち一つ以上を増加させる。すなわち、ユーザ端末1が、目的とする通信とは異なるプロセスである負荷検出プロセスを用いて、通信ネットワーク2内の輻輳の発生状況を予測することが可能となり、その結果、通信ネットワーク2の帯域使用率に応じたデータパケット4の送信レートを適応制御できる。以上に示した方法を用いることにより、ユーザ端末1と受信端末3間のパケット損失を抑制することが可能となり、信頼性の高い通信を効率的に行うことができるというメリットが生じる。また、ユーザ端末1から負荷検出パケット5を送信する場合には、負荷検出パケット5の折り返しポイントが受信端末3の代わりに通信ネットワーク2内の交

ここで、 f は線形的あるいは非線形的に増減する関数として定義される。関数 f は、パケット往復時間 $RTT(i)$ が予め設定したパケット往復時間の基準値(= RTT_0 -)以下の場合か、パケット往復時間 $RTT(i)$ が時刻 $t(i)$ 以前のパケット往復時間値(\dots , $RTT(i-2)$, $RTT(i-1)$)より任意に指定した範囲で減少傾向にあると判定した場合の一つ以上の条件に対して、0以上の値として与えられる。またパケット往復時間 $RTT(i)$ がパケット往復時間の基準値(= RTT_0 +)以上の場合か、パケット往復時間 $RTT(i)$ が時刻 $t(i)$ 以前のパケット往復時間値

ここで、式(2)を用いた場合には、時刻 $t(i)$ において、時刻 $t(i+1)$ の負荷遅延を予測することに対応し、より迅速なフロー制御が可能となる。以上、図2から図3に関する本実施例のフローチャートを図4に示す。図4において、(a)は、パケット往復時間の基準値(RTT_0 +, RTT_0 -)のみからデータパケット4の転送レート R を決定する方法に対応し、ステップ401にてパケット往復時間の計測及び転送レート R の推定値の計算などを行い、ステップ403~406にて前記推定値から適宜データパケット4の転送レートを増減する。また図4の(b)は、パケット往復時間の変動率

換機、ルータ、ブリッジなどの各種インタフェースとるように設定する方法も考えられる。

【0007】図3は、ユーザ端末1から0.3秒間隔で送信された負荷検出パケット5の分布例とユーザ端末におけるデータパケット4の転送レートの制御例を示している。図3において、実線は負荷検出パケット5の時系列分布、点線はデータパケット4の転送レートに対応しており、負荷パケット5が一定以上(図3では $RTT=200\text{ msec}$ 以上)の遅延時間を有する場合に、データパケット4の転送レートが 60 kbit/sec から 30 kbit/sec へ減少していることがわかる。すなわち、図3に示すように、網のトラヒックが一定レベル以上に増加しつつあると判断される場合にデータパケット5の送信レートを下げる方法により、データ損失を抑えると同時に、網の輻輳状態を現状以上に増加させない方向に機能させることが可能となる。データパケット4の送信レートの変動方法としては、負荷検出パケット5の往復時間値をもとにデータパケット4の送信レートを変化させることで実現することができる。ここで、時刻 $t(i)$ における負荷検出パケット5の往復時間を $RTT(i)$ (以下、パケット往復時間とする)、データパケット4の転送レートの初期値を r_0 とすると、時刻 t におけるデータパケット4の転送レート R は、次式(1)で表現できる。

【数1】

(\dots , $RTT(i-2)$, $RTT(i-1)$)より任意に指定した範囲で増加傾向にあると判定した場合の一つ以上の条件に対して、0以下の値として与えられる。さらにまた、負荷検出パケット5が送信過程で損失した場合には、通信ネットワーク2内の品質が不安定であると判定して、関数 f を減少させるように設定することもできる。また、時刻 $t(i)$ におけるパケット往復時間 $RTT(i)$ の代わりに、時刻 $t(i+1)$ の予測値 $RTT'(i+1)$ を用いて、データパケット4の転送レート R を式(2)のように定義する方法もある。

【数2】

(r と f とする)からデータパケット4の転送レート R を決定する方法に対応し、ステップ411にてパケット往復時間の計測、転送レート R の推定値の計算、前記変動率の計算などを行い、ステップ413, 414にて前記変動率の傾向から適宜データパケット4の転送レートを増減する。なお、(a)と(b)の両方の条件をもとにデータパケット4の転送レートを決定する方法のフローチャートは図4(a)と(b)を組み合わせることで実現できる。

【0008】図5は、具体的な関数 f の形状例である。図5において、(a)はステップ的に変動する例、

(b) は線形的に増減する例、(c) は非線形的に変動する例、に対応している。f の変動率は、パケット往復時間 $RTT(i)$ の絶対値、次時刻 $t(i+1)$ の予測値 $RTT'(i+1)$ 、往復時間の変動率 $(RTT'(i+1) - RTT(i))$ 、 $RTT(i) - RTT(i-1)$ 、 $RTT(i-1) - RTT(i-2)$ 、... の一つ以上から規定することができる。また、f の形状は、図 5 (a) ~ (c) を二つ以上組み合わせる方法も考えられ、指数関数、ステップ関数、単調増加関数、n 乗関数 (n : 整数) 等を任意に組み合わせることで表現できる。さらにまた、式 (1)、(2) はユーザ端末 1 内のフロー制御におけるウィンドウサイズの設定変更パターンに置き換えることも可能である。

【0009】続いて、時刻 $t(i+1)$ におけるパケット往復時間の予測値 $RTT'(i+1)$ の導出方法を述べる。ここで図 6 は、時刻 $t(i)$ 以前のパケット往復時間の時系列情報 {..., $RTT(i-3)$, $RTT(i-2)$, $RTT(i-1)$, $RTT(i)$ } から、時刻

(入力データ) → (出力データ)

($RTT(i-6)$, $RTT(i-5)$, $RTT(i-4)$)

($RTT(i-5)$, $RTT(i-4)$, $RTT(i-3)$)

($RTT(i-4)$, $RTT(i-3)$, $RTT(i-2)$)

→ $RTT(i-3)$ (3-a)

→ $RTT(i-2)$ (3-b)

→ $RTT(i-1)$ (3-c) (3)

図 6 におけるパケット往復時間の推定結果は、式 (3) の入出力データ対を 3 組 ((3-a) ~ (3-c)) 用いた場合に対応しており、実際の測定結果と傾向が一致していることがわかる。この時、中間層数や中間層のユニット数は任意に設定可能であり、しかも、式 (2) における入力データ数は 2 もしくは 4 以上の値を用いる方法も考えられる。また、階層型ニューラルネットワークの最適化処理に際しては、誤差逆伝搬法 (例えば「荻原将文: "ニューロ・ファジィ・遺伝的アルゴリズム", 3. 6, 産業図書, 1994」に記載) やカルマンフィルタ型解法 (例えば「石田良平, 村瀬治比古, 小山修平, 杉山吉彦: "拡張カルマンフィルタによる超高速ニューロ学習", 日本機械学会論文集 (C), 58, p. 2507-2512, 1992」に記載) などを利用することが可能である。なお、パケット往復時間の時系列なデータが途中で損失した場合には、損失データの時刻に対応する推定値を実データの代わりに適用することで、オンライン処理によるニューラルネットワークの学習が実現される。

【0010】一方、パケット往復時間の推定方法としては、ニューラルネットワークの代わりに、AR モデルによる方法、ARMA モデルによる方法、ARIMA モデル (例えば「G. E. P. Box, G. M. Jenkins: "Time Series Analysis: Forecasting and Control", Holden-Day, 1976」, あるいは、「西村和人, 山本幹, 池田博昌: "ATM-LAN における

$t(i+1)$ におけるパケット往復時間の予測値 $RTT'(i+1)$ をニューラルネットワークを用いて推定した例に対応しており、実線は測定データ、点線は推定データを意味している。また、 RTT は 0.3 秒間隔で送出した ICMP パケット (負荷検出パケット) の実測値に対応しており、送信端末と受信端末の距離は約 75 km となっている。適用したニューラルネットワークは階層型モデルであり (例えば「荻原将文: "ニューロ・ファジィ・遺伝的アルゴリズム", 3 章, 産業図書, 1994」に記載)、時系列的な情報の組み合わせの最適化処理を行うことを基本としている。図 6 におけるパケット往復時間の推定に際しては、パケット往復時間の 4 連続データ対をもとにニューラルネットワークの学習を行っている。いま、ニューラルネットワークの入力層のユニット数を 3、出力層のユニット数を 1 とすると、入出力対は次式 (3) で関係づけられる。

【数 3】

トラフィック予測を用いた輻輳検出法に関する検討」, 信学技報, SSE95-158, pp. 55-60, 1996」に記載) による方法などを挙げることができる。AR モデル、ARMA モデル、ARIMA モデルを用いた場合には、時刻 $t(i)$ 以前のパケット往復時間の時系列情報 {..., $RTT(i-3)$, $RTT(i-2)$, $RTT(i-1)$, $RTT(i)$ } から、それぞれのモデル同定解法をもとに時刻 $t(i+1)$ におけるパケット往復時間の予測値 $RTT'(i+1)$ の推定が可能となり、ニューラルネットワークによる推定と同様に効率的かつ迅速なフロー制御を実現することができる。

【0011】

【発明の効果】本発明による自律分散型トラフィックフロー制御法を用いることにより、データを送信しようとするネットワーク端末が、送信対象とする網内のトラフィック状況を判定してデータの送信レートやウィンドウサイズを自律的に変更することが可能となり、その結果、送信データの損失の低下や網の輻輳抑制につながるなどの効果をもたらす。

【図面の簡単な説明】

【図 1】約 100 km 離れた端末間の応答遅延時間の分布例を示す図である。

【図 2】本発明の自律分散型トラフィックフロー制御法の一実施例を示す概念図である。

【図 3】本発明の一実施例におけるユーザ端末から 0.

3秒間隔で送信された負荷検出パケットの分布とユーザ端末におけるデータパケットの転送レートの制御を示す図である。

【図4】本発明の一実施例における自律分散型トラヒックフロー制御法を示すフローチャートである。

【図5】本発明の一実施例におけるデータパケットの送信レートを規定する関数 f の形状を示す図である。

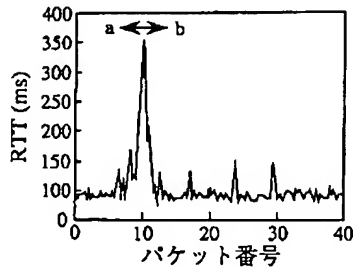
【図6】本発明の一実施例におけるパケット往復時間の

実測値とニューラルネットワークを用いた推定値の分布を示す図である。

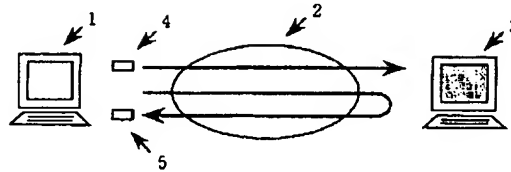
【符号の説明】

1：ユーザ端末、2：通信ネットワーク、3：受信端末、4：ユーザ端末1と受信端末3との通信時における転送データパケット、5：ユーザ端末1から受信端末3を折り返して戻ってくる負荷検出パケット。

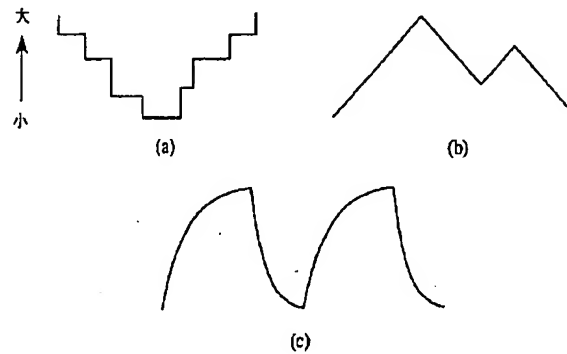
【図1】



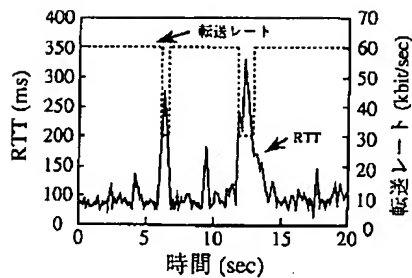
【図2】



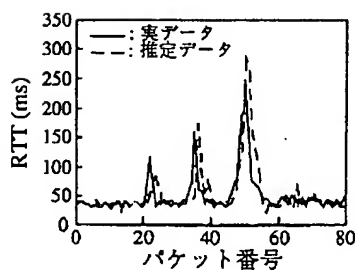
【図5】



【図3】



【図6】



【図4】

